



FCPN - UMSA

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
(UMSA)
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
(FCPN)**

CARRERA DE FÍSICA

**1^{er} DIPLOMADO EN FÍSICA PARA PROFESORES
DE COLEGIO (Semi-Presencial)**

DFIS

MODULO: ASTRONOMÍA y ASTROFÍSICA

Docente: *Lic. Roy Omar Edgar Bustos Espinoza*

*La Paz - Bolivia
2008*



DOCENTE - TUTOR

Roy Omar Edgar Bustos Espinoza

Página web: <http://www.fiumsa.edu.bo/docentes/rbustos/index.html>

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS

Licenciado en Física, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), La Paz

Maestría en Física - Informática, FCPN, UMSA

Diplomado en Educación Superior, UDABOL

Diplomado en Enseñanza de la Física, Física, FCPN, UMSA

TRABAJO

Docente – Investigador, Instituto de Investigaciones Físicas (IIF) – FCPN – UMSA

Investigación 2007 – 2008:

Búsqueda de Fuentes Cósmicas de Ultra Alta Energía

Interacción Social 2007 – 2008:

Olimpiada Boliviana de Física (OBF)

Olimpiada Boliviana de Astronomía y Astrofísica (OBAA)

Diplomado en Física para Profesores de Colegio (DFIS)

WEB:

<http://www.fiumsa.edu.bo/olimpiada/>

<http://fcpnvirtual.umsa.bo/olimpiada/>

<http://fcpnvirtual.umsa.bo/dfis/>



FUNDAMENTACION

¿Cómo incentivar a la juventud al estudio de las ciencias, en especial de la física y la astrofísica? para de esta manera generar capacidades científicas como tecnológicas como aporte al desarrollo del país tanto social, económico y cultural. Esta meta solo podrá ser lograda si y solo si trabajan en conjunto los profesores del área de ciencias de las unidades fiscales y particulares de todo el país con las distintas unidades universitarias, sociedades científicas, asociaciones científicas, etc. a fin de conformar un equipo que allane y conduzca a la juventud por los caminos del aprendizaje y el conocimiento no solo en este modulo sino en la ciencia en general.

DESCRIPCION DEL MODULO

El módulo de Astronomía y Astrofísica busca introducir todos los conceptos a un nivel accesible, tanto para profesores como para estudiantes, desde los fundamentos básicos como ser la astronomía clásica y moderna, cosmología, etc. hasta las técnicas científicas más actuales con las que se estudia e investiga hoy en día el Universo.

Se pretende abarcar un temario totalmente actualizado en un contexto mundial dando énfasis en los conocimientos que los profesores y jóvenes poseen de otras ramas de la ciencia, como ser la física, la matemática, las ciencias naturales, las ciencias sociales, etc.

OBJETIVOS GENERALES

- Estudiar y desarrollar los conceptos fundamentales de la astronomía y la astrofísica con criterio científico, para estudiar situaciones cotidianas aplicando conocimientos fundamentales de geometría, física y matemática.
- Proporcionar los conocimientos, desarrollar habilidades y destrezas que le permitan al estudiante plantear y resolver problemas prácticos y teóricos.
- Reconocer y valorar los aportes de la Física y las ciencias en general a la Astronomía y la Astrofísica.
- Desarrollar un pensamiento objetivo, dando mayor importancia al razonamiento y a la reflexión antes que a la mecanización y memorización.
- Interaccionar con los estudiantes de colegio con los nuevos conceptos aprendidos.



OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Interaccionar con los compañeros del modulo, que pertenecen a distintos centros educativos del país, a fin de intercambiar ideas, resolver problemas, intercambiar material, metodologías del aprendizaje y la enseñanza, etc.
- Fomentar los lazos de amistad con profesores del mismo rubro.
- Buscar y fomentar a los jóvenes estudiantes que gusten de la materia que cada uno dicta, para que representen a su establecimiento en competencias de Olimpiadas Departamentales y Olimpiadas Nacionales de Física, Astronomía y Astrofísica.

METODOLOGIA

Foro: Es un *chat* no en tiempo real. Es un espacio donde el inscrito en el **DFIS** escribe sus consultas al docente del modulo quien las responderá aclarando los conceptos y/o con ejemplos y/o simulaciones. No hace falta que los alumnos y el profesor del modulo respectivo del **DFIS** estén conectados simultáneamente puesto que la “conversación” se grabará en la página WEB. Además, será posible revisar diálogos pasados y también otros diplomantes podrán participar del **foro** con ideas, comentarios, sugerencias y/o nuevas preguntas.

Chat: El chat (dialogo en tiempo real) no es obligatorio puesto que la herramienta más usada será el **foro** durante las diez semanas que durara el Modulo. Por lo tanto el **chat** no tendrá evaluación en la nota final. Sin embargo el docente estará conectado dos veces por semana con horarios fijos para el **chat** además de que responderá todas las interrogantes planteadas por los estudiantes tanto en el **chat** como en el **foro**.

Prácticas: Las practicas estarán presentes al finalizar de cada tema del modulo y ocasionalmente después de algún subtítulo importante. Estas prácticas podrán ser enviadas al e-mail del profesor en formato Word o respondidas directamente vía la comunicación interna del diplomante con el profesor (revisar *enviar mensaje* y *editor de ecuaciones* para poder introducir ecuaciones dentro del **foro** o **chat**)

Cuestionarios: Los distintos cuestionarios serán igual manera enviados al e-mail del profesor o serán respondidos en línea por el diplomante.

Artículos: La entrega de uno o más artículos, que refleje las conclusiones del diplomante respecto a temas abordados en los distintos capítulos.

Test – examen: Se llevaran a cabo en línea o como tarea en un tiempo predeterminado.

Examen final: Se llevara a cabo en forma presencial al finalizar la parte *virtual del DFIS* en la carrera de Física, FCPN, UMSA en la última semana de las vacaciones de invierno del país (se respetarán las fechas de las distintas vacaciones invernales que existen en el país).

CRITERIOS DE EVALUACION

En la evaluación de los estudiantes se tomaran en cuenta todas las actividades del modulo:

Aportaciones en los foros de discusión

La resolución adecuada de las prácticas y sus cuestionarios

Exámenes y Tests en línea bajo la supervisión del docente

El examen Final constará de dos apartados: Teórico y Problemas

La nota del Modulo se obtiene de la suma de la nota del examen Final y los posibles puntos adquiridos en las diversas actividades mencionadas según la siguiente tabla.



FUNCIONES DE EVALUACIÓN	CARACTERÍSTICAS	PONDERACIÓN
Diagnóstica	Identificación de conocimientos previos de los alumnos, con relación a la asignatura (para la aplicación de la pedagogía de ayuda, centrada en el alumno y diferenciada).	0 puntos
Formativa	<ul style="list-style-type: none">● Asistencia del alumno(a) en el <i>foro</i>● Participación activa en el <i>foro</i>● Controles de lectura virtuales● Exámenes con opción múltiple● Trabajos de investigación (indagación y complementación) con defensa virtual● Trabajos prácticos (preguntas por semana)●	5 puntos 45 puntos
Sumativa	Examen final presencial sobre todo lo avanzado en las clases virtuales.	50 puntos
	TOTAL FINAL	100 %

SYLLABUS (Contenido Mínimo)

- 1) **Astrofísica Básica**
- 2) **Coordenadas y tiempo**
- 3) **Sistema Solar**
- 4) **Estrellas**
- 5) **Sistemas Estelares**
- 6) **Cosmología**
- 7) **Instrumentación y tecnología espacial**

BIBLIOGRAFIA

- Física, Parte 1, R. Resnick, D. Halliday, Editorial Continental, México, 9ª Impresión, 1986
- Física, Volumen II, Campos y Ondas, M. Alonso, E. Finn, Editorial Addison – Wesley Ib., 1987
- Astronomía General. Bakulin, et al., Ed. MIR, URSS, 1996
- Astronomía y Astrofísica, Kepler de Souza, Ed. Libreria da Fisica, Brasil, 2000
- Olimpiada Boliviana de Física (OBF) 1997 – 2007, Carrera de Física, UMSA, 2007
- Artículos de Investigación, IIF, FCPN, UMSA, 1990 – 2007

Nota: Otro textos que se usarán como bibliografía complementaria así como direcciones WEB específicas se harán conocer en el transcurso del diplomado.



SYLLABUS EXTENDIDO

- 1) **Astrofísica Básica**
 - a) **Mecánica Celeste**
 - i) **Leyes de Kepler**
 - ii) **Ley de Newton de la Gravitación**
- 2) **Coordenadas y tiempo**
 - a) **Esfera celeste**
 - i) **Coordenadas celestes**
 - ii) **Solsticio y Equinoccio**
 - iii) **Estrellas circumpolares**
 - iv) **Constelaciones y el Zodiaco**
 - v) **Trigonometría esférica**
 - b) **Conceptos del tiempo**
 - i) **Tiempo Solar**
 - ii) **Tiempo Sideral**
 - iii) **Día Juliano**
 - iv) **Día Juliano Heliocéntrico**
 - v) **Tiempo Universal**
 - vi) **Tiempo Medio Local**
- 3) **Sistema Solar**
 - a) **El Sol**
 - i) **Estructura Solar**
 - ii) **Actividades en la superficie Solar**
 - iii) **Rotación Solar**
 - iv) **Radiación Solar y Constante Solar**
 - v) **Neutrinos Solares**
 - vi) **Relaciones Sol-Tierra**
 - vii) **Rol de los Campos Magnéticos**
 - viii) **Viento Solar**
 - b) **El Sistema Solar**
 - i) **Sistema Tierra-Sol**
 - ii) **Formación del Sistema Solar**
 - iii) **Estructura y componentes del Sistema Solar**
 - iv) **Estructura y Orbitas de los objetos del Sistema Solar**
 - v) **Periodos Sideral y Sinódico**
 - c) **Fenómenos**
 - i) **Mareas**
 - ii) **Estaciones**
 - iii) **Eclipses**
 - iv) **Auroras**
 - v) **Lluvia de meteoros**
- 4) **Estrellas**
 - a) **Teoría Electromagnética y Física Cuántica**
 - i) **Espectro electromagnético**
 - ii) **Leyes de radiación**
 - iii) **Radiación del cuerpo negro**
 - iv) **Efecto Doppler**



- b) **Termodinámica**
 - i) Equilibrio termodinámico
 - ii) Gas ideal
 - iii) Transferencia de energía
 - c) **Espectroscopia y Física Atómica**
 - i) Absorción
 - ii) Emisión
 - iii) Esparcimiento
 - iv) Espectro de objetos Celestes
 - v) Formación de líneas espectrales
 - d) **Física Nuclear**
 - i) Decaimientos
 - ii) Fusión
 - iii) Fisión
 - iv) Transformaciones
 - e) **Propiedades Estelares**
 - i) Determinación de la Distancia
 - ii) Radiación, Luminosidad y Magnitud
 - iii) Índices de Color y Temperatura
 - iv) Determinación del Radio y la Masa
 - v) Movimiento Estelar
 - vi) Variación Estelares
 - f) **Atmósferas**
 - i) Núcleo síntesis Estelar
 - ii) Transportación de Energía
 - iii) Atmósferas Estelares
 - iv) Espectros
 - g) **Evolución Estelar**
 - i) Formación Estelar
 - ii) Diagrama Herzsprung-Russell
 - iii) Estrellas en las Secuencias Pre Principal, Principal y Post Principal
 - iv) Estado final de las Estrellas
 - 5) **Sistemas Estelares**
 - a) **Sistemas Estelares Binarios**
 - i) Clasificación
 - ii) Determinación de la Masa en Sistemas Estelares Binarios
 - iii) Luz y Curvas de Velocidad Radial de Sistemas Binarios con Eclipses visibles
 - iv) Corrimiento Doppler en Sistemas Binarios
 - b) **Cúmulos Estelares**
 - i) Clasificación
 - ii) Estructura
 - c) **La Vía Láctea**
 - i) Estructura y Composición
 - ii) Sistema de Coordenadas Galácticas
 - iii) Rotación
 - iv) Medio Interestelar
 - d) **Galaxias Normales y Activas**
 - i) Clasificación
 - ii) Determinación de la Distancia
-



- e) **Procesos de Acreción**
 - i) **Conceptos Básicos**
 - ii) **Sistemas de Masa variable**
 - iii) **Transferencia de masa**
- 6) **Cosmología**
 - a) **Cosmología Elemental**
 - i) **Cúmulos de Galaxias**
 - ii) **Materia Oscura**
 - iii) **Lentes Gravitacional**
 - iv) **Ley de Hubble**
 - v) **Big Bang**
 - vi) **Radiación de Fondo de Microondas Cósmicas**
- 7) **Instrumentación y Tecnología Espacial**
 - a) **Astronomía Multi Longitud De Onda**
 - i) **Observaciones en Radio, MicroOndas, Infrarrojo, Visible, UltraVioleta, Rayos X y Rayos Gamma**
 - ii) **Bandas de Longitudes de Onda**
 - iii) **Efectos Atmosféricos Terrestres**
 - b) **Instrumentación y Tecnología Espacial**
 - i) **Telescopios y Detectores en Tierra y en el Espacio**
 - ii) **Dispositivos de Carga-Acoplada: CCD**
 - iii) **Fotómetros**
 - iv) **Espectrógrafos**
 - v) **Magnificación**
 - vi) **Telescopios de resolución activados por luz**



DIPLOMADO EN FÍSICA - DFIS

MODULO: ASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA

SYLLABUS

- 1) **Astrofísica Básica**
- 2) **Coordenadas y tiempo**
- 3) **Sistema Solar**
- 4) **Estrellas**
- 5) **Sistemas Estelares**
- 6) **Cosmología**
- 7) **Instrumentación y tecnología espacial**

SYLLABUS DESARROLLADO

1) **Astrofísica Básica**

a) **Mecánica Celeste**

Introducción

En una noche sin nubes, en el cielo oscuro vemos estrellas, a veces la Luna, algunos planetas (que se confunden con las estrellas), parte de nuestra galaxia (la Vía Láctea), nebulosas y, con un poco de paciencia cometas y otros objetos cósmicos. Al observar el firmamento vemos que la disposición en el cielo de las estrellas no tiene ningún orden. La cantidad de estrellas que se ve a simple vista es en una noche despejada sin Luna y alejados de algún centro urbano (por la cantidad de luz artificial que emana de estos conocida como *contaminación lumínica*) es alrededor de 2000 a 2500 estrellas.

Con el fin de orientarnos en el cielo, desde la antigüedad las estrellas brillantes fueron agrupadas en las llamadas constelaciones. Tradicionalmente, las constelaciones han sido designadas con nombres de animales (Osa, Can, etc.), o nombres de héroes de la mitología griega (Perseo, Andrómeda, etc.), o simplemente con los nombres de aquellos objetos a que se asemejan las figuras que forman los grupos de estrellas brillantes (Cruz del Sur, Corona Boreal, Balanza, etc.).

Con el fin de orientarnos en el cielo, desde la antigüedad las estrellas brillantes fueron agrupadas en las llamadas constelaciones. Tradicionalmente, las constelaciones han sido designadas con nombres de animales (Osa, Can, etc.), con nombres de héroes de la mitología griega (Perseo, Andrómeda, etc.), o simplemente con los nombres de aquellos objetos a que se asemejan las figuras que forman los grupos de estrellas brillantes (Cruz del Sur, Corona Boreal, Balanza, etc.).

En el siglo XVII, se adoptó la convención de designar las estrellas de cada constelación con las letras del alfabeto griego. Posteriormente se introdujo la designación numérica, que ahora se emplea para la designación de las estrellas menos intensas. Además las estrellas brillantes (cerca de 130) recibieron nombres propios, por ejemplo Sirio, Vela, Rigel, etc.



Los límites de las constelaciones trazados por los astrónomos antiguos fueron alterados en 1922, algunas constelaciones grandes fueron divididas en varias constelaciones independientes. Actualmente, se entiende por constelación no un grupo de estrellas brillantes sino una región del cielo estelar; hoy en día, el cielo se divide convencionalmente en 88 regiones independientes, es decir en 88 constelaciones.

Las estrellas más brillantes de las constelaciones sirven de puntos de referencia para encontrar en el cielo otras estrellas menos intensas u otros objetos celestes. De ahí lo importante de aprender a encontrar en el cielo, de manera rápida y directa, una u otra constelación; para ello es menester estudiar previamente el mapa del cielo estelar y guardar en la memoria los contornos característicos que las estrellas más brillantes forman en las constelaciones.

Bóveda Celeste

En cualquier lugar que nos encontremos sobre el planeta Tierra, siempre nos parece que todas las *estrellas* o *astros* se encuentran a la misma distancia de nosotros, en la superficie interior de una gran esfera conocida como *bóveda* o *esfera celeste*.

Astros Errantes (Planetas)

En la antigua civilización griega, los astrónomos observaron que en las constelaciones zodiacales habían cinco astros que parecían estrellas, pero que, a diferencia de las estrellas "fijas", no conservaban una misma posición en el cielo. Esos astros erraban, es decir, iban de una parte a otra por el cielo y las constelaciones, tal como también ocurre con el Sol y con la Luna. En la antigua lengua griega esos astros fueron bautizados con la palabra *planeta* que significa "*astro errante*".

Los antiguos romanos dieron a esos *astros errantes* los nombres de sus dioses: **Mercurio**, **Venus**, **Marte**, **Júpiter** y **Saturno**. De ahí el nombre de los cinco planetas que pueden verse a simple vista.

También de ahí se deriva el nombre de los días de la semana: Lunes (Luna), Martes (Marte), Miércoles (Mercurio), Jueves (Júpiter), Viernes (Venus), Sábado (Saturno) y Domingo (Sol).

Entre los siglos XVIII y XX, utilizando instrumentos de observación que amplían considerablemente la capacidad de visión de nuestros ojos, se descubrieron tres planetas más: Urano en 1781, Neptuno en 1846, y Plutón en 1930.

Los cinco astros errantes nombrados por los romanos más nuestro planeta Tierra y estos últimos tres planetas descubiertos suman 9, Por esto, hasta hace poco, era parte del conocimiento astronómico común la afirmación de que el Sistema Solar está compuesto por nueve planetas y el Sol.



Sin embargo, en 1992, se descubrió que en una región cercana a Plutón, conocida como el *cinturón de Kuiper*, habían otros astros errantes parecidos a planetas, por ejemplo, uno bautizado con el nombre *Eris*, ligeramente más grande que Plutón, más brillante que éste y que se encuentra al doble de distancia del Sol. A raíz de estos descubrimientos nació un debate mundial sobre la definición de planeta: *¿qué tipo de astro debe considerarse como planeta?*; con una definición más precisa de planeta *¿cuántos habrían en el Sistema Solar?* El debate se planteó y el 24 de agosto del año 2006 se expusieron las conclusiones que redefinieron el concepto de planeta. De acuerdo con éstas, un planeta del Sistema Solar debe satisfacer cuatro características fundamentales:

- Debe estar en órbita alrededor del Sol.
- No debe ser un satélite.
- Debe tener suficiente masa como para poseer una gravedad propia que mantenga su forma esférica.
- Debe ser lo suficientemente grande como para dominar su órbita.

Plutón, según esta nueva definición, está clasificado como un “planeta enano”, junto con *Eris* y *Ceres*, este último es el cuerpo más grande del cinturón de asteroides que existen entre Marte y Júpiter.

De este modo, hoy en día los planetas del Sistema Solar son solamente ocho. En orden creciente de distancia al Sol se tiene:

- Mercurio
- Venus
- Tierra
- Marte
- Júpiter
- Saturno
- Urano
- Neptuno.



¿Sabías que...?

Modelo Geocéntrico

Modelo que afirmaba que la Tierra está en el centro del Sistema Solar con el Sol y los planetas girando en torno a ella.

Modelo Heliocéntrico

Modelo que afirma al Sol como el astro que está en el centro del Sistema Solar con los planetas girando en torno a él.

Los planetas se desplazan por las constelaciones zodiacales, la mayoría del tiempo de occidente a oriente, pero, al ser errantes, en algunos momentos y lugares recorren el cielo de oriente a occidente. El primer movimiento, similar al que presentan el Sol y la Luna, se llama directo, y el segundo movimiento, de este a oeste, se denomina retrógrado. El movimiento retrógrado inquietaba a los antiguos astrónomos, pues para que pudiera ser explicado con el *modelo geocéntrico* aceptado por ellos y con la hipótesis de las órbitas circulares, exigía plantear hipótesis bastante complejas sobre las órbitas de los planetas y sobre el modo en que en ellas se combinaban los movimientos circulares.

Una vez que el modelo geocéntrico perdió credibilidad y ganó terreno la idea de sustituirlo por un *modelo heliocéntrico*, el astrónomo Johannes Kepler, postuló tres leyes que lograron explicar satisfactoriamente el movimiento errante de los planetas en el cielo.

Kepler llegó a la formulación de sus leyes como resultado de un análisis detallado y cuidadoso de las extensas y precisas observaciones llevadas a cabo por Tycho Brahe (1546-1601), astrónomo observacional Dinamarqués quien vivió antes de la invención del telescopio. En 1600 (un año antes de su muerte), Tycho contrató un ayudante para el análisis de los datos obtenidos por el mismo durante 20 años de observación continua. El joven ayudante de 20 años era un hábil matemático alemán llamado Johannes Kepler.

Esas leyes se conocen ahora como leyes de Kepler:

i) Leyes de Kepler

- Todos los planetas se mueven en orbitas elípticas con el Sol en uno de sus focos (**ley de las órbitas**, Kepler, 1609)

VER ANIMACIÓN: [Leyes de Kepler](#)

- La línea que une a un planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos (**ley de las áreas**, Kepler, 1609).

VER ANIMACIÓN: [Leyes de Kepler](#)

- El cuadrado del periodo de cualquier planeta (tiempo en que se completa una vuelta alrededor del Sol) es proporcional al cubo de la distancia promedio del planeta al Sol (**ley de los periodos**, Kepler, 1618).

VER ANIMACIÓN: [Leyes de Kepler](#)

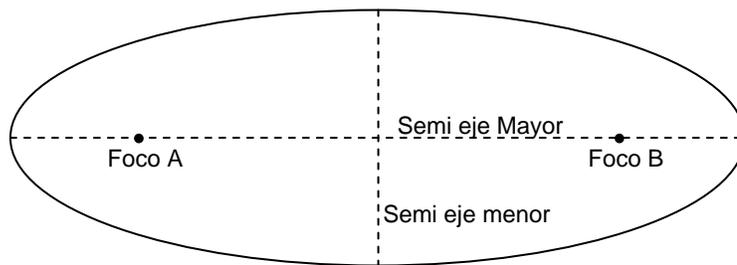
Veamos estas leyes con un poco de mayor detalle:

Ley de las órbitas de los planetas

Kepler en su **primera ley** nos dice cómo son las órbitas de los planetas; esto es, cual es la forma geométrica del camino que recorre un planeta en su movimiento de traslación alrededor del Sol. **La órbita es una elipse, con el Sol situado en uno de sus dos focos.**

Newton probó posteriormente que, si esta es la trayectoria, la ley de fuerza debe ser inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (Ley de la gravitación de Newton).

Recordemos a la figura geométrica de elipse:



El gráfico mostrado de una elipse está exagerado de acuerdo a las observaciones reales del movimiento de los planetas, cuyos semiejes mayores son ligeramente superiores a los semiejes menores dando como resultado órbitas casi circulares, sin embargo es útil para aclarar el concepto de la trayectoria seguida por los astros errantes.

Ley de las áreas (la velocidad de los planetas)

En la **segunda ley**, Kepler nos da información acerca de la velocidad con la que los planetas recorren sus orbitas. Para poder comprenderla debemos explicar previamente el significado de algunos términos. Se llama **radio vector** al segmento de recta que une el centro del Sol con el centro del planeta. Al moverse el planeta, el radio vector se mueve con él, dibujando una superficie (de forma semejante a cuando deslizamos una regla sobre una mesa cubierta de polvo, el paso de la regla, que equivale al radio vector deja sobre la mesa un trozo libre de polvo).



Elijamos un punto de la órbita y un intervalo de tiempo fijo, construyamos la superficie barrida por el radio vector en ese tiempo y calculemos su área. Pues bien, el movimiento de un planeta es tal que esa área toma siempre el mismo valor, independientemente del punto de la órbita en el que hayamos situado el planeta al comenzar a contar el tiempo.

¿Cómo se logra esto? Muy sencillo. Cuando el planeta está más alejado del Sol el radio vector es mayor, la velocidad del planeta es menor y un pequeño desplazamiento del planeta hace que el área barrida por el radio vector adquiera cierto valor. Cuando el planeta se encuentra más próximo al Sol, el radio vector es menor, y la velocidad del planeta aumenta tal que el área barrida por el radio vector sea igual en magnitud al caso en que el planeta estaba alejado. Ambas áreas medidas en intervalos de tiempo iguales.

Así de acuerdo con esta ley, **los planetas se mueven con más velocidad cuando están más próximos al Sol.**

Ley de los periodos (el “año” de los planetas)

La última ley de Kepler tiene un carácter matemático diferente de las anteriores. Es una relación entre dos magnitudes importantes de cada planeta para caracterizar su movimiento: su periodo $P [s]$ y la distancia media $r [m]$ del planeta al Sol.

La ley dice que el cociente entre el cuadrado del período y el cubo de su distancia media al Sol es una constante, K , y que es la misma para todos los planetas, es decir:

$$\frac{T^2}{r^3} = K$$

El periodo de un planeta es el tiempo que tarda en dar una vuelta completa alrededor del Sol. La distancia media es la semisuma de las distancias máxima y mínima del planeta al Sol. Los valores del periodo, que es la duración del año terrestre, y la distancia media al Sol correspondientes a nuestro planeta son:

$$T_{\oplus} = 365.24 [días] = 3.15 \times 10^7 [s]$$

$$L_{\oplus} = 1.49 \times 10^{11} [m]$$



FCPN - UMSA

El valor que se obtiene para la constante K de la tercera ley de Kepler nos dice que la duración del año de los planetas aumenta a medida que se incrementa la distancia media de los planetas al Sol. Así el año en Mercurio es menor que el año en la Tierra, y el año de Júpiter o Saturno es mayor que el de la Tierra.

Planeta	Semieje Mayor [u.a]	Periodo de Revolución	r^3	T^2
Mercurio	0,387	88.000 días=0,241 año	0,058	0,058
Venus	0,723	224.70 días=0,615 años	0,378	0,378
Tierra	1,000	365.26 días = 1,000 año	1,000	1,000
Marte	1,524	687.00 días=1,881 años	3,537	3,537
Júpiter	5,203	11.862 años	140,8	140,7
Saturno	9,534	29.456 años	867,9	867,7
Urano		84.010 años		
Neptuno		164.80 años		

Practica: Complete los espacios vacíos con ayuda de algunos datos de la siguiente tabla:

Datos del Sistema Solar

	Mercurio	Venus	Tierra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno
Distancia media hasta el Sol ($\times 10^6$ [km])	57,9	108	150	228	778	1430	2870	4500
Masa (Tierra=1)	0,0558	0,815	1,000	0,107	318	95,1	14,5	17,2
Densidad	5,60	5,20	5,52	3,95	1,31	0,704	1,21	1,67
Número de Satélites	0	0	1	2	16*	19 *	15 *	8*
Diámetro Ecuatorial [km]	4880	12100	12800	6790	143000	12000	51800	49500
Periodo de Rotación [días]	58,7	243**	0,997	1,03	0,409	0,426	0,451**	0,658
Periodo de Revolución [años]	0,241	0,615	1,000	1,88	11,9	29,5	84,0	165
Gravedad Superficial ($[m/s^2]$)	3,78	8,60	9,78	3,72	22,9	9,05	7,77	11,0

* Además de sus Lunas el planeta tiene anillos

** El sentido de rotación de este planeta es opuesto al del movimiento orbital

Datos del Sol, la Tierra y la Luna

	Sol	Tierra	Luna
Masa [kg]	$(1,9889 \pm 0,0030) \times 10^{30}$	$(5,974 \pm 0,009) \times 10^{24}$	$7,36 \times 10^{22}$
Velocidad de Escape [km/s]	618,00	11,20	2,38

Distancia Tierra – Luna: $384,4 \times 10^3$ [km]



ii) Ley de Newton de la Gravitación

A lo largo de la historia de la humanidad, el movimiento regular observado de los cuerpos celestes ha sido estudiado, analizado y registrado con una notable exactitud. Los planetas giran alrededor del Sol y al no describir movimiento rectilíneo uniforme, deben actuar sobre ellos una fuerza centrípeta que tiene como resultado la trayectoria curva observada. Pero, ¿qué agente externo ejerce una fuerza centrípeta necesaria para que los planetas describan esas órbitas?

La respuesta a esta pregunta la proporcionó Isaac Newton, en su libro más famoso titulado: *Philosophia Naturalis Principia* y publicado en 1687. Este libro demuestra que el movimiento observado de los planetas puede ser explicado por la existencia de una fuerza hasta ese entonces no utilizada cuya intensidad varía con el inverso del cuadrado de la distancia que separa el centro de cada planeta del centro del Sol. Esta es la esencia de lo que hoy en día conocemos como la ley de la gravitación universal. Como ya sabemos todo movimiento acelerado es producido por una fuerza que ocasiona una cierta aceleración. Para explicar el movimiento de los planetas Newton postuló la existencia de una fuerza de atracción debida al Sol: La fuerza de atracción F que el Sol ejerce sobre cada planeta es directamente proporcional a la masa M del Sol y a la masa m del planeta que se considere, y es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia r que separa los centros de ambos astros. La magnitud del vector fuerza de atracción está dada por:

$$F = G \frac{M m}{r^2}$$

Donde G es la constante de gravitación universal cuyo valor es:

$$G = 6.673 \times 10^{-11} \left[\frac{N m^2}{Kg^2} = \frac{m^3}{s^2 Kg} \right]$$



Ejemplo

Una confusión muy común entre los estudiantes es sobre los conceptos de MASA y PESO. Si a un joven se le pregunta ¿Cuánto pesas? El rápidamente responde un valor en kilogramos!! unidad, como sabemos, nos habla de la MASA y no del PESO. Recordemos que la masa es un ESCALAR mientras que el peso es un VECTOR. Las unidades de la masa en el sistema internacional de unidades son KILOGRAMOS cuyo símbolo es kg mientras que las unidades del peso en el mismo sistema son NEWTONS cuyo símbolo es N , por ejemplo, calculemos el peso de un joven cuya masa es igual a $70 [kg]$.-

Solución.-

El peso se lo calcula de la 2ª ley de Newton o 2ª ley de la mecánica: $F = Ma$. Donde F es la resultante de las fuerzas aplicadas a un cuerpo de masa M y a es la aceleración adquirida por el cuerpo como resultado de la aplicación de F . La 2ª ley establece una relación entre las cantidades VECTORIALES fuerza y la aceleración, es decir cantidades que no se caracterizan simplemente por su valor numérico sino también por su dirección y sentido.

Resumiendo, la 2ª ley indica que: *la aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la resultante de todas las fuerzas aplicadas a dicho cuerpo, e inversamente proporcional a la masa del cuerpo y dirigida a lo largo de la resultante de las fuerzas:* $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{M}$. De donde

despejando la fuerza obtenemos: $\vec{F} = M\vec{a}$. Recuerde que las pequeñas flechas encima indican que dichas cantidades son vectores.

Ahora, realizando un análisis dimensional es posible definir a la unidad *Newton* en función del sistema internacional: $[N] = [kg \ m/s^2]$

Bueno, usamos esta ley para calcular el PESO de un cuerpo de masa M , para lo cual debemos asociar al valor de la aceleración el valor de la gravedad en el lugar de observación, es decir, en este caso: $\vec{a} \equiv \vec{g}$, y la fuerza con el peso: $\vec{F} \equiv \vec{P}$, para obtener finalmente: $\vec{P} \equiv M\vec{g}$ Como el vector gravedad está apuntando hacia el centro de la Tierra, en consecuencia el vector PESO también tiene esa misma dirección y sentido.

La magnitud del vector peso será $P \equiv Mg = 70 [kg] \times 9,81 [m/s^2] = 686,7 [N]$.

Practica

- ¿Cuántas veces más grande será la fuerza gravitacional entre la Tierra y la Luna que la existente entre las dos bolas de Raquetball?
- ¿Cuánto pesará el joven de $70 [kg]$ en la Luna? ¿y en Júpiter?
- ¿Cuánto pesaría el joven de $70 [kg]$ si el radio de la Tierra se duplicaría y no así la masa de la Tierra?
- ¿Cuánto pesaría el joven de $70 [kg]$ si el radio de la Tierra se duplicaría y la densidad promedio de la Tierra permanecería constante?
- Calcule la aceleración de la gravedad en la superficie del Sol y en cada uno de los planetas del sistema Solar.